知识管理论坛 ISSN 2095-5472 CN11-6036/C
Knowledge Management Forum E-mail: kmf@mail.las.ac.cn
http://www.kmf.ac.cn

【学术探索】

技术融合基本理论与方法研究

◎ 张静 [1,2,3] 张志强 [4]

[1] 中国科学院文献情报中心 北京 100190 [2] 中国科学院档案馆 北京 100190
[3] 中国科学院大学 北京 100049 [4] 中国科学院成都文献情报中心 成都 610041

摘要：[目的 / 意义] 技术融合是技术创新的重要手段，具有重大的经济社会意义，已经逐步成为国家科技战略的重要内容。[方法 / 过程] 在梳理已有技术融合概念，阐明技术融合研究意义的基础上，明确技术融合研究过程，并对数据集构建、技术领域界定和融合分析各阶段所用方法进行对比分析。[结果 / 结论] 以发现当前研究的不足，提出进一步研究方向，对推动技术融合研究具有重要意义。

关键词：技术融合 数据集构建 技术领域界定 融合分析

分类号：G250

引用格式：张静 , 张志强 . 技术融合基本理论与方法研究 [J/OL]. 知识管理论坛 , 2017, 2(4): 257-264[引用日期]. http://www.kmf.ac.cn/p/1/94/.

1 引言

当今世界科技发展呈现多点突破、交叉汇聚的景象。世界范围内的交叉学科研究越来越多，跨学科程度整体在加剧，产业界限模糊也越来越广泛。当前的创新趋势是基于广泛的科学和技术领域以及必需的跨学科研究快速进行技术研发 [1]，这被称为技术融合。

技术融合的出现并非偶然。虽然知识和技术越来越多元化和专业化，但社会经济和技术问题的复杂性日益增加，需要集成多学科知识和技术才能解决。在科学、技术、产品、产业和市场等各个层面的融合中，技术融合起到了从科学研究到实际竞争力转化的纽带作用，并在引领和控制下一代技术创新中发挥了重要作用。

2 概念及研究意义

“融合”（convergence）一词在英语中的使用最早可以追溯到 17 世纪，来源于拉丁语“convergere”（倾斜到一起），在词典中主要被定义为“（线）在一个点相交”或“（多种事物）逐渐变得相似或称为相同的东西”[2]。“融合”在《辞海》中的解释为相合在一起 [3]。此外，生物、气象和数学等个别学科对“融合”赋予了本学科的特殊含义。

在管理领域最早使用“融合”一词的是罗森博格 [4]，他对美国机械设备业演化的研究中，首先提出了“技术融合（technological convergence）”：产品功能和性质完全无关的产业因采用通用技术而导致独立的、专业化的机械工具出现的过程。随后由于技术融合在促进

作者简介：张静 (ORCID：0000-0002-5827-7139)，馆员，博士研究生，E-mail：zhangjing@mail.las.ac.cn；张志强（ORCID：0000-0001-7323-501X），教授，博士生导师。

收稿日期：2017-02-26 发表日期：2017-07-10 本文责任编辑：王善军

创新方面的巨大作用，相关研究越来越多，并随着信息技术的发展，其内涵也得到了不断的丰富，研究也随之不断深入。

2.1 “技术融合”的概念

虽然学者们对技术融合现象有了较为广泛的认同，但对其概念尚未形成统一的认识，其英文表达方式主要以 technological convergence 和 technological fusion 为主，也有文献从对象运动的角度对两者的区别做了辨析 [5]，但本文认为两者在中文含义上是一致的，统一以“技术融合”代称。相关的代表性定义主要从三个角度来阐述，主要包括：

从融合提升效果的角度来说，融合是将一个技术领域的方法应用于另一个技术应用领域，最终产生一种新的产品 [6]；技术融合是整合不同的技术或产业的知识或创新形成占优势的设计的结果 [7]。这种观点认为技术融合对相关领域带有改进效果。

从领域间关系变化的角度来说，融合是指至少两个可辨认的事物走向统一或一致，或不同的技术、设备或产业合并为一个整体；融合是不同技术部门或领域间界限逐渐模糊的过程 [8]；日本通产省在 1985 年产业结构调整相关报告中指出技术融合指两种或两种以上不同技术之间相互渗透、相互融合而形成一种新技术的现象 [9]。也有文献 [5] 认为，融合并不一定意味着一种新的产业。一些情况下，产业领域或科学学科可能会产生新的合作领域，但不改变在先领域而仅仅是两者的松散耦合。

从不同层面融合间关系的角度来说，技术融合导致了市场融合 [10]。也有学者认为，融合是一种科学和技术的社会学结果的弹性解释 [11]。这种观点不区分融合的焦点，即不区分哪个技术领域的重要性在增加，也不识别融合的扩散，即不识别重要性增加的技术领域在其他技术领域的广泛应用。也有学者认为技术创新开发的替代性或关联性的技术、工艺或产品，通过渗透、扩散融合到其他产业之中，或者改变了原有产业生产的技术路线，或者丰富了原有产业经营的内容和形式，使得不同产业之间具有了相似的技术基础和共同的技术平台，因而出现了技术融合现象 [12]。

经过对已有融合概念的梳理，本文认为技术融合是至少两个可辨认的技术领域之间关系逐渐增强，最终统一或一致的过程。在抽象意义上，技术融合至少涵盖以下三层含义：

从观测起点来看，技术融合体现的是至少两个技术领域之间的关联，相关领域的初始状态是离散的、可辨认的（见图 1-a）。

从观测过程来看，技术融合的相关技术领域间关系逐渐增强，表现为不同技术领域间开始产生交叉（见图 1-b），且重叠逐渐增多的过程（见图 1-c）。

从观测结果来看，相关技术领域融合的结果走向统一或一致，即领域间界限部分消失，可以是相关领域共同构成一个新的领域（见图 1-d），或仅仅是融合区域独立成为一个新的领域（见图 1-e）。

2.2 “技术融合”研究的意义

融合可能发生在各个层面，科学、产品、服务、技术、业务功能 [13] 甚至思想。当前，融合正在各个层面扩散并加剧，受到了世界各国的广泛重视。这主要是由于：

（1）融合能够刺激创新。融合鼓励现有重叠的行业之间的竞争，并能够带来切实的经济效益或发展前景。信息技术、化学及其邻近产业在过去几十年的关键发展带来了根本性创新的生命周期的缩短和高达两位数的研发支出 [5]，医疗产业受到 IT 创新的驱动产生了医疗保健等新的产业部门 [14]，信息通信技术以及互联网平台与传统行业的深度融合催生了“互联网 +”的创新业态 [15]。

（2）融合催生了许多适应新时代用户需求的跨产业产品。这一点在在信息技术、消费电子和通信（information technologies, consumer electronics, and telecommunications，ICT）产业领域体现的尤为明显，当前三者间严格的产业

知识管理论坛，2017(4):257-264
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2017.028

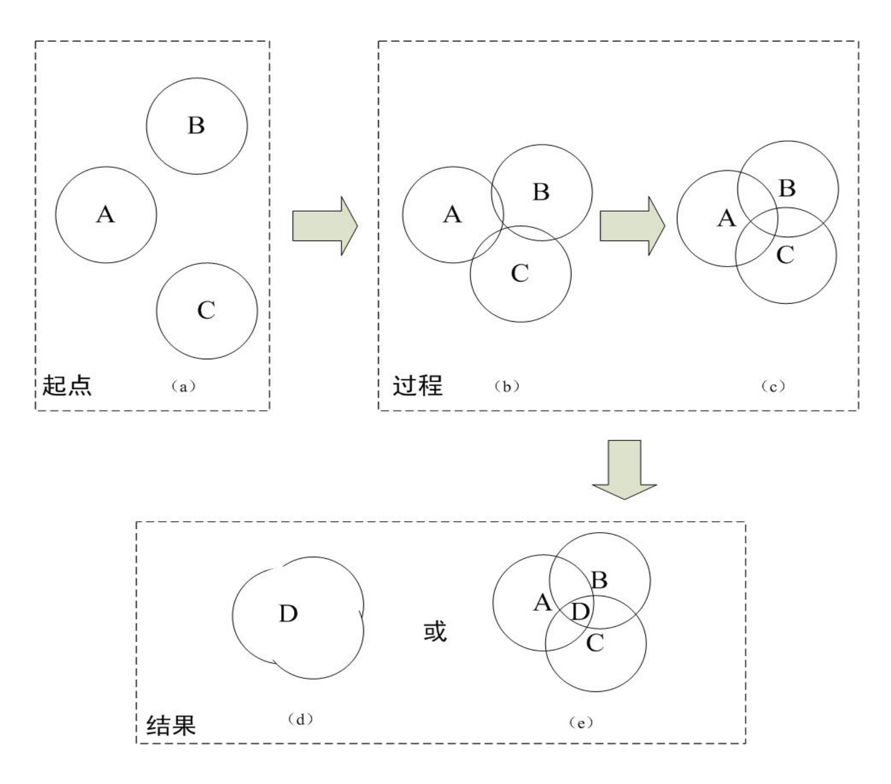


图 1 技术融合过程示意图

界限在很大程度上已经消失了，并创造了智能手机等跨界新产品。而化妆品和食品产业也有融合的趋势，它们通过健康的特征催生了药妆产品（化妆品和制药的结合），以及保健功能食品（营养和制药的结合）[16]。

（3）融合刺激企业拓展新的交互形式。技术融合给与新老市场参与者构建全新的市场生态，打破固有价值链机会，市场参与者利用互补技术创新的集体知识培育新产业和技术集群，从而推动产业融合。在这个过程中，企业间交互产生了更多的联盟、聚集和与标准化组织的合作等，并推动不同领域在标准层面的融合[17]。

（4）融合要求管理实践和战略决策的积极应对。融合使研发机构能从战略上管理成本、质量、灵活性和时间等影响商业成功的因素，可能改变相关的服务、市场、政策规定、工业结构、公司的联盟和并购等行为。美国在线（AOL）和时代华纳（Time Warner）2000 年的战略行动、资产剥离，甚至企业并购体现了高层管理人员已经认识到了技术融合带来的影响[18]。

3 技术融合的典型模型——融合扩散模型

技术融合在技术发展过程中表现出了较为复杂的时序进程：科学、产品、服务、技术、业务功能，甚至思想。利用进化论的范式，科学、技术、市场和产业融合四阶段的划分受到了学者的广泛接受。但这种融合的理想时序进程是否会真实发生有赖于融合趋势背后的触发和驱动。这些触发点可以包括自然科学发现、技术进步、用户需求改变，甚至是政策调控和产业标准。在技术融合研究中，学者们更关注技术融合扩散模型，用于分析和解释当前现象，或意图基于融合的影响制定战略和政策。

汤文仙[19]认为技术融合的过程实质上是技术在不同产业间扩散的结果，并指出技术可以在不同类型产业和企业间扩散和创新，包括上、下游产业的创新、融合以及具有一定关联

性产业间的技术扩散和融合。

自 20 世纪初以来，许多领域都提出过不同的扩散模型。扩散模型早期通常在企业管理中被用于解释产品或服务的扩散，但目前扩散模型已被广泛应用于人类学等社会科学，以及生物等自然科学领域。扩散模型主要有三个发展阶段：基础模型时代（1960-1970 年），扩展模型时代（1970-1980 年）和新应用时代（1980 年后）[20]。基础模型时代的研究主要集中于数学模型研究；扩展模型时代主要是基于贝斯扩散模型（Bass diffusion model）大力发展各种应用模型；1980 年以来的研究扩展到了对此前模型进行范围和灵活性改进，并将其进一步应用到高清电视、IP 通信服务等新产品和新服务中。

基于贝斯模型的扩散周期可以分为三个阶段：萌芽期、生长期和成熟期。扩散曲线一般呈 “S” 形。新产品、新服务或新技术在萌芽期增长缓慢，生长期迅猛发展，成熟期增长停滞。通用的扩散模型可以用如下微分方程来表示：

$$\frac{dN(t)}{dt}=n(t)=g(m-N(t)) \qquad \text{公式（1）}$$

其中，N(t) 和 n(t) 分别为时间 t 节点接受者数量的累积量和非累积量，m 是潜在的最终接受者。g 是扩散系数，会影响扩散带来的潜在接受者。接受者的累积数量 N(t) 会随着时间推移逐渐接近 m。扩散系数 g 对扩散效果的影响可以分为时间函数或接受者人数函数。g(t) 可以表征为三种模式，外部影响扩散模型、内部影响扩散模型和混合影响扩散模型。

如果扩散系数是常数，即 g(t) 为常数 p，方程为外部影响扩散模型；如果扩散系数受到接受者累积数量影响，即 g(t) 为 qN(t)，方程为内部扩散模型；混合影响扩散模型同时考虑内、外部影响扩散模型的影响，即 g(t) 为 p+qN(t)。其中，内部影响扩散模型分为 Logistic 模型和 Gompertz 模型，是在融合研究中经常使用的模型 [21]。

4 技术融合主要研究框架与方法

自技术融合概念提出以来，很多学者对这一现象进行了研究。技术融合相关的研究主要集中在概念提出与扩展、理论研究、领域实证研究、宏观整体实证研究、时序研究和全维度实证研究等几个方面。相关理论研究主要侧重于事前定义融合概念来分析和解释当前现象，或意图基于融合的影响制定战略和政策。

4.1 技术融合研究框架

因为融合固有的模糊性和复杂性，很难有一个融合指标能够得到一致认可，根据不同的研究目的，学者们设计了许多不同的方法来计量融合。由于技术融合与科学融合、市场融合、产业融合之间具有极强的关联性，因此不同层面的融合计量方法对于技术融合的识别与研究都具有一定的借鉴意义。

整体来看，技术融合研究需要根据不同的研究目的，选择恰当的数据源构建数据集，明确技术领域界定标准，遴选研究方法并构建分析指标几个阶段。其中，研究目的、数据源和技术领域界定标准是研究基础，研究方法与分析指标为研究的方法体系，五者相互关联。

4.2 技术融合研究数据集构建

不同阶段的融合需要用不同的数据来进行计量（见表 1），论文、专利、媒体信息、研究主体（论文作者所属机构和专利的专利权人）信息和产业信息都可用于不同层面的融合研究。整体来看，以公开数据源，尤其是专利为主，其适用于融合早期信号监测、具体技术领域融合的实证研究、全领域技术融合状态和技术融合时序研究等方面。

现有研究中对融合研究所用数据源主要是从三个维度构建：① 从具体领域出发，通过主题或技术分类限定检索获取数据集；② 从具体主体出发，通过某一领域主要研发实体获取相应实体的全部数据；③ 从具体国家出发，获取某一国家的全领域数据。较少研究从全球范围全领域进行数据集构建。

4.3 技术领域界定

现有研究所用的技术领域界定标准主要是通过映射的方式来将分析用数据的形式或内容

知识管理论坛，2017(4):257–264
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2017.028

特征转化为产业领域。具体映射标准包括：期刊 - 领域、论文 - 学科、SIC（Standard Industrial Classification，标准产业分类）-IPC（International Patent Classification，国家专利分类法）、UC（US Classification，美国专利分类法）- 领域、企业 - 产业和专家判读等方法（见表 1）。

表 1 融合相关研究数据源和技术领域界定标准

数据源	研究范围	技术领域界定标准
论文	科学融合研究 与专利一起可用于技术融合早期信号识别	期刊所属领域[22] 论文所属学科领域[23] 美国化学学会为 SciFinder 提供的分类[24]
专利	技术融合研究 产业融合早期信号识别	SIC 与 IPC 映射[25] WIPO 技术领域与 IPC 映射[26]
媒体信息	市场融合研究	技术领域与 UC 映射[27] 数据库提供的产业映射[28]
企业信息	技术融合研究 产业融合研究	专利申请人所属产业[23] 企业所属产业[29] 专家知识[30]

4.4 技术融合主要研究方法

技术融合相关研究方法主要分为两大类，一大类是以是以专家为核心的方法，另一大类是以数据定量分析为核心的方法。表 2 呈现了融合相关研究方法的分类、代表文献及各自的主要优劣势。这些定量分析方法各有优劣，本文主要从数据可获得性、技术关联情况等方面进行了比较。

表 2 融合相关研究方法及其优劣势

分析方法			优势	劣势
基于专家	技术路线图[31]		能够充分挖掘专家隐形知识，并帮助达成一致	成本较高 标准难以统一
	德尔菲法[31]		有助于群体决策	成本较高 预测结果缺乏严格的科学分析
	案例研究[32]		能够充分发掘融合过程的各种影响因素，细节充分	材料搜集较为困难
基于数据	统计分析[33]	产业相关科学研究成果公开数量 大学专利申请数量 专利的非专利文献引用数量	指标容易理解	指标数据获取相对困难
	共现分析	共分类分析（IPC[34]、UC[30]、期刊分类[35]）	能够反映技术之间关联	不同分类方案的影响不确定 依赖于分类本身的准确性
		共申请分析	能够反映合作态势	专利权人清洗难度较大
		共词分析	能够提炼隐形主题关联	关键词清洗难度较大
	聚类分析[17]		较为灵活，可以自由选择聚类角度和聚类方法；能够发掘隐性关联	聚类结果解释困难
	引用分析[36]		专利和专利审查员对在先专利的引用具有很强的相关性，能够反映一定的隐性关联	引用数据本身相对稀少 数据集构建困难
	投入 - 产出分析[1]		能够发现融合的影响因素	数据收集较为困难 结果解释难度较大
	大数据分析[37]		适用于大规模数据分析，能够发现关键节点	结果解释难度较大

4.4.1 基于专家的方法

以专家为核心的定性分析方法主要包括技术路线图、德尔菲法和案例研究方法。其中技术路线图中通常也可以使用德尔菲法。

（1）技术路线图。技术路线图最早是企业技术管理的方法。其在融合研究方面的应用主要是通过专家知识预测融合技术的发展路径。

（2）德尔菲法。又名专家意见法或专家函询调查法，最初目的是通过一系列密集问卷调查和可控意见反馈，从一组专家中获取最可靠的一致性意见，其在融合方面的应用主要是获得专家对融合技术路径的一致性意见。

（3）案例分析。又称个案研究法，是指结合文献资料对单一对象进行分析，得出事物一般性、普遍性的规律的方法。其在融合方面适用于对多种因素的综合分析，细节丰富。

基于专家的定量分析在遴选恰当专家并获取一致性的专家知识方面难度较高。

4.4.2 基于数据的方法

当前关于融合的研究所用方法主要以基于数据的定量分析方法为主。其中共现等方法在实际应用中需要用到具体的统计分析指标。

（1）统计分析。由于融合的复杂性，M. Mayer [33] 提出了研究主体性质与文献类型的关联分析指标，这些指标可用于统计分析呈现，也可进一步丰富为不同角度的关联分析。

（2）共现分析。一般认为，如果某个共同的内容或形式特征频繁在同一篇文献中同时出现，往往表明这两个特征之间具有比较密切的联系。在技术融合相关研究中，学者们主要从分类、专利权人和主题词等角度进行共现分析，尤其是共分类分析在技术融合相关研究中得到了较多应用。

（3）聚类分析。主要是利用独特的聚类技术将数据按照技术领域聚成不同的子类，通常要与共现分析、引用分析和文本挖掘分析等方法结合使用。在融合研究中主要是按主题或者按技术分类共现矩阵聚类，以发现主要融合领域。

（4）引用分析。是指对目标专利的引用专利情况和目标专利被引用的情况进行分析。M. Karvonen 等 [36] 利用专利引证分析对技术融合早期阶段的发现进行了实证等。

（5）投入 - 产出分析。亦称产业部门间分析。是分析特定经济系统内投入与产出间数量依存关系的原理和方法。其在融合研究中可用于发现不同影响因素的定量作用。

（6）大数据分析。适用于海量数据分析，能从全领域数据集中发现关键节点及融合趋势。

其中，受到数据集构建和分析指标数据计算难度的影响，引用分析和投入 - 产出分析方法在大规模数据集中的适用性较差，主要适用于某特定问题 / 领域，或较小数据集。

5 进一步的研究方向

从上述分析可以看出，目前有关技术融合的研究已有较多的探索并已经取得较大的发展，但还存在着以下问题与不足，可以作为未来进一步研究的方向：

（1）从系统性角度进行多技术领域间关联的融合研究。现有技术融合研究更侧重于技术领域间的二元关系，对技术领域间系统性的结构特征影响研究较少。但现实技术发展过程中，技术融合是多种技术综合作用的结果。未来可以从系统性角度进行多技术领域间关联的融合研究。

（2）融合信号未来发展方向判断的研究。当前的技术融合相关研究均主要集中于对融合起点与融合过程的观测研究上，对什么状态到达融合发生的临界状态，融合信号未来如何发展的研究相对较少，可以作为进一步研究的重点内容。

（3）合理的数据集构建方法研究。技术融合实证研究需要根据不同的研究目的，选择恰当的数据源。现有研究中对并未对专利文献本身对技术融合的贡献大小做区分，容易产生外围专利带来的技术重叠增强的虚假信号，给研究结果带来不确定性。因此可以从全面性和从

知识管理论坛，2017(4):257–264
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2017.028

专利本身进行去噪等角度进行合理的融合研究数据集构建方法研究。

（4）具体融合技术方向识别研究。现有研究所用的技术领域界定标准主要是通过映射的方式来将分析用数据的形式或内容特征转化为产业领域。这种映射与现实世界领域的细化程度相比，其颗粒度较大，对具体技术方向情况的反映并不充分。未来可以考虑如果进行更细粒度的融合技术方向识别研究。

参考文献：

[1] XING W, YE X, KUI L. Measuring convergence of China's ICT industry: an input-output analysis[J]. Telecommun policy, 2011, 35(4): 301-313.

[2] ANON. Oxford dictionary of English[M]. Oxford: Oxford University Press, 2006.

[3] 在线汉语辞海查询 . 融合 [EB/OL]. [2016-05-05]. http: //cihai.supfree.net/two.asp?id=288109.

[4] ROSENBERG N. Technological change in the machine tool industry, 1840–1910[J]. Journal of economic history, 1963, 23(4): 414-443.

[5] CURRAN C S, LEKER J. Patent indicators for monitoring convergence – examples from NFF and ICT[J]. Technological forecasting and social change, 2011, 78(2): 256-273.

[6] ADNER R, LEVINTHAL D A, The emergence of emerging technologies[J]. California management review, 2002, 45(1): 50-66.

[7] HARIANTO F, PENNINGS J. Technological convergence and scope of organizational innovation[J]. Research policy, 1994, 23(94): 293-304.

[8]BAUER J M, WEIJNEN M P, TURK A L, et al. Delineating the scope of convergence in infrastructures: new frontiers for competition[EB/OL]. [2017-05-20]. http://xueshu.baidu.com/s?wd=paperuri%3A%28dedeb2cfef604aaa3cb80d99c323f508%29&filter=sc_long_sign&tn=SE_xueshusource_2kduw22v&sc_vurl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2F10.1007%2F978-1-4615-0495-5_10&ie=utf-8&sc_us=17025569463817374662.

[9] KUBOTA T. Creation of new industry by digital convergence[EB/OL]. [2017-05-20]. http: //www.slideserve.com/yin/creation-of-new-industry-by-digital-convergence.

[10] GAMBARDELLA A, TORRISI S. Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry[J]. Research policy, 1998, 27(5): 445-463.

[11] FARBER D J, BARAN P. The convergence of computing and telecommunications systems[J]. Science, 1977, 195(4283): 1166-1170.

[12] 郑明高 . 产业融合发展研究 [D]. 北京 : 北京交通大学 , 2010.

[13] LEE S M, OLSON D L, TRIMI S. The impact of convergence on organizational innovation[J]. Organizational dynamics, 2010, 39(3): 218-225.

[14] CARO D H J. Deconstructing symbiotic dyadic e-Health networks: transnational and transgenic perspectives[J]. International journal of information management, 2008, 28(2): 94-101.

[15] 百度百科 . 互联网 +[EB/OL]. [2016-10-11]. http://baike.baidu.com/link?url=fyFbIWbeKoE_E1SvQ5kUQAbCzDSpGQINFpy85EoA1gy3696rIBG9l_LZMiP403HL_IWTQQdfZmGioTy3io0P9q.

[16] BRÖRING S, CLOUTIER M L, LEKER J. The Front End of Innovation in an Era of Industry Convergence: Evidence from Nutraceuticals and Functional Foods [EB/OL]. [2017-05-20]. https: //www.researchgate.net/publication/228130262_The_Front_End_of_Innovation_in_an_Era_of_Industry_Convergence_Evidence_from_Nutraceuticals_and_Functional_Foods.

[17] GAUCHA S, BLIND K. Technological convergence and the absorptive capacity of standardisation[EB/OL]. [2017-05-20]. https: //www.researchgate.net/publication/260758878_Technological_convergence_and_the_absorptive_capacity_of_standardisation.

[18]LIND J. Convergence: history of term usage and lessons for firm strategists[EB/OL]. [2017-05-20]. https: //www.mendeley.com/research-papers/convergence-history-term-usage-lessons-firm-strategist.

[19] 汤文仙 . 技术融合的理论内涵研究 [J]. 科学管理研究 , 2006(4): 31-34.

[20] JAAKKOLA H. Comparison and analysis of diffusion models[EB/OL]. [2017-05-20]. https: //link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-34982-4_6.

[21] CHOI J Y, JEONG S, KIM K. A Study on diffusion pattern of technology convergence: patent analysis for Korea[EB/OL]. [2017-05-20]. https: //www.researchgate.net/publication/281304015_A_Study_on_Diffusion_Pattern_of_Technology_Convergence_Patent_Analysis_for_Korea.

[22] TIJSSEN R J W.A quantitative assessment of interdisciplinary structures in science and technology: co-classification analysis of energy research[J]. Research policy, 1992, 21(1): 27-44.

[23] CURRAN C S, BRÖRING S, LEKER J. Anticipating

converging industries using publicly available data[J]. Technological forecasting & social change, 2010, 77(3): 385-395.
[24] WATTS R, PORTER A, NEWMAN N, et al. Innovation forecasting using bibliometrics[J]. Competitive intelligence review, 1998, 9(4): 11-19.
[25] KARVONEN M, LEHTOVAARA M, KÄSSI T. Build-up of understanding of technological convergence: evidence from printed intelligence industry[EB/OL]. [2017-05-20]. http: //www.worldscientific.com/doi/ref/10.1142/S0219877012500204.
[26] JEONG S, KIM J C, CHOI J Y. Technology convergence: what developmental stage are we in?[J]. Scientometrics, 2015, 104(3): 1-31.
[27] GEUM Y, KIM C, LEE S, et al. Technological convergence of IT and BT: evidence from patent analysis[J]. ETRI Journal, 2012, 34(3): 439-449.
[28] FAI F, TUNZELMANN N V. Industry-specific competencies and converging technological systems: evidence from patents[J]. Structural change and economic dynamics, 2001, 12(2): 141-170.
[29] HAN J, CHUNG S, SOHN Y. Technology convergence: when do consumers prefer converged products to dedicated products?[J]. Journal of marketing, 2009, 73(4): 97-108.
[30] 赵亚娟 , 王学昭 , 张静 , 等 . 技术交叉结构 [M]. 北京 : 科学出版社 , 2015.
[31] 中国科学院 . 创新 2050: 科技革命与中国的未来 [M]. 北京 : 科学出版社 , 2009.
[32] FAN P H J, LANG H P L. The measurement of relatedness: an application to corporate diversification[J]. Journal of business, 2000, 73(4): 629-660.
[33] MEYER M. Does science push technology? Patents citing scientific literature[J]. Research policy, 2000, 29(3): 409-434.
[34] JEONG S. Strategic collaboration of R&D entities for technology convergence: exploring organizational differences within the triple helix [J]. Journal of management & organization, 2014, 20(2): 227-249.
[35] MORILLO F, BORDONS M, GO´MEZ I. Interdisciplinarity in science: a tentative typology of disciplines and research areas[J]. Journal of the American society for information science and technology, 2003, 54(13): 1237-1249.
[36] KARVONEN M, KÄSSI T. Patent citations as a tool for analysing the early stages of convergence[J]. Technological forecasting & social change, 2013, 80(6): 1094-1107.
[37] LEE W S, HAN E J, SOHN S Y. Predicting the pattern of technology convergence using big-data technology on large-scale triadic patents[J]. Technological forecasting & social change, 2015, 100: 317-329.

作者贡献说明:
张　静: 内容综述并撰稿;
张志强: 完善论文思路,提出修改建议。

Review on the Theory and Methods of Technology Convergence

Zhang Jing[1,2,3] Zhang Zhiqiang[4]
[1]Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
[2]Archives of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
[3]University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049
[4]Chengdu Library and Information Center of Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041

Abstract: [Purpose/significance] Technology convergence is a significant means of technological innovation, plays an important role in economic and social development, and has gradually become an important part of the national science and technology strategy. **[Method/process]** On the base of the summary of its concept and the clarification of its significance of technology convergence study, the paper pointed out its research stages, and made comparative analysis of the methods in data collection, technosphere identification and convergence analysis. **[Result/conclusion]** Finally, it concludes the shortages of existing studies and the further research directions, which can deepen the study on technology convergence.

Keywords: technology convergence　data collection　technosphere identification　convergence analysis